

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-304737

(43)Date of publication of application : 16.11.1993

(51)Int.Cl.

H02K 1/27 H02K 21/14  
H02K 29/00

(21)Application number : 05-012090

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 28.01.1993

(72)Inventor : TANIMOTO SHIGEYA  
SO MAYUMI  
NITTA ISAMU

(30)Priority

Priority number : 04 39031 Priority date : 26.02.1992 Priority country : JP

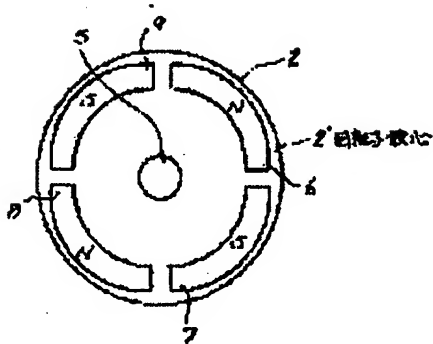
(54) PERMANENT MAGNET TYPE MOTOR

(57)Abstract:

PURPOSE: To reduce unnecessary cogging torque by providing non-uniform width for a rotor core portion between a gap portion and an outer peripheral face of a permanent magnet for a field for respective poles.

CONSTITUTION: Thickness of the portion of a rotor core 2' located between permanent magnets 6 to 9 for the field and the gap portion of the outer peripheral side is made in such a manner that the thickness will not become smaller as the relevant position of the respective permanent magnets 6 to 9 moves from the center position of each magnet to both the end sides. That is, the thickness gradually increases as the relevant position moves from the portion of rotor core 2' corresponding to the center position of the permanent magnets 6 to 9 for one pole portion to the respective directions at both end sides of the permanent magnets 6 to 9, or the thickness is

the same up to the middle and then gradually increases thereafter. By doing this, the magnetic flux density component for higher harmonics in the gap portion can be made smaller so that unnecessary cogging torque can be reduced.



PARTIAL TRANSLATION OF  
JPN. PAT. APPLN. KOKAI PUBLICATION No. 5-304737

Application No.: 5-12090  
Date of Filing : January 28, 1993  
Applicant : TOSHIBA KK  
Date of KOKAI Publication: November 16, 1993  
Request for Examination: Not Filed.

---

TITLE OF THE INVENTION

PERMANENT MAGNET TYPE MOTOR

DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION

[0018]

[Function]

In the permanent magnet type motor of the present invention, a rotor core which is present between an arcuate permanent magnet for magnetic field and an air gap portion is formed to have the same width at the middle portion, from the central position toward both end portions of the permanent magnet for magnetic field of one pole, and then be gradually extended, or formed to be gradually wider from the central portion, or an air gap is formed at the inner peripheral side or outer peripheral side of the arcuate permanent magnet for magnetic field so as not to be at least narrower from the vicinity of the polar central position of the permanent magnet for magnetic field for one pole toward the both end sides. Thus, a harmonic flux density component of the air gap flux distribution at the air gap portion can be reduced. Therefore, unnecessary cogging torque can be as reduced as possible.

[0026]

...

In other words, the magnetic flux becomes reduced from the polar central position toward the both end portions, the harmonic flux density component in the air gap flux density distribution becomes reduced, and the flux density is distributed in a shape which is extremely similar to a sinusoidal shape as shown in FIG. 5.

[0027]

In the present embodiment, ... since the distribution of the air gap flux density is formed to be proximate to a shape similar to a sinusoidal shape, the cogging torque can be reduced as shown in FIG. 6 as an example of actual measurement.

[0054]

... In the present embodiment, an air gap 100 is formed at the inner side in a radial direction of the permanent magnets for field magnet 106 to 109. ...

[0055]

By thus forming at least the gap width not to be smaller from the polar central position toward the both end portions, at the inner side in the radial direction of the permanent magnets for field magnet 106 to 109, the flux density distribution at the air gap portion 10 can be formed in a shape proximate to a sinusoidal shape. In addition, since the harmonic content of the present embodiment can be reduced as shown in FIG. 23, in comparison of the basic component of the harmonic of the air gap flux density between the prior art and the present embodiment, occurrence of the cogging torque can be as reduced as possible.

[0056]

FIG. 22 shows a rotor corresponding to the 13th embodiment. The rotor 112 consists of a rotor core 112' formed by layering a number of thin silicon steel plates, a rotary shaft 5 fitted in a central position of the rotor core 112', four holes 113 provided at the rotor core 112', and permanent magnets 116 to 119 for field magnet provided inside the holes 113.

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-304737

(43)公開日 平成5年(1993)11月16日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 2 K 1/27	5 0 1 M	7429-5H		
	A	7429-5H		
21/14	M	7429-5H		
29/00	Z	9180-5H		

審査請求 未請求 請求項の数7(全14頁)

(21)出願番号 特願平5-12090

(22)出願日 平成5年(1993)1月28日

(31)優先権主張番号 特願平4-39031

(32)優先日 平4(1992)2月26日

(33)優先権主張国 日本(J P)

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72)発明者 谷本 茂也

愛知県名古屋市西区葎原町4丁目21番地

株式会社東芝名古屋工場内

(72)発明者 楚 まゆみ

愛知県名古屋市西区葎原町4丁目21番地

株式会社東芝名古屋工場内

(72)発明者 新田 勇

愛知県名古屋市西区葎原町4丁目21番地

株式会社東芝名古屋工場内

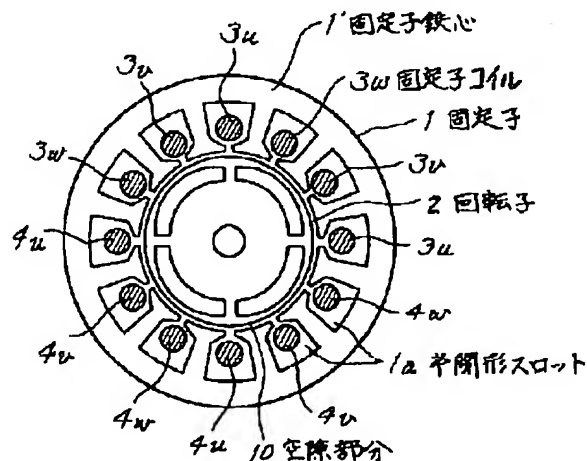
(74)代理人 弁理士 則近 憲佑

(54)【発明の名称】 永久磁石形モータ

(57)【要約】

【構成】略円環状の固定子鉄心に複数相の固定子コイルを巻回した固定子と、この固定子の内周面と同心で且つ若干の空隙部分を介して配置された回転子鉄心に円弧状の界磁用永久磁石を連続して交互にN極、S極となるように略円周状に配置した回転子とを備え、前記固定子コイルに順次通電させることにより前記回転子を回転駆動させる永久磁石形モータにおいて、1極分における前記界磁用永久磁石の外周面と前記空隙部分との間に存する回転子鉄心部分の幅を均一としない。

【効果】コギングトルクを低減してモータの振動や騒音を低下させることができ、また、高回転数の範囲までモータの駆動トルクを有効に得ることが可能である、といった優れた効果を奏する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】略円環状の固定子鉄心に複数相の固定子コイルを巻回した固定子と、この固定子の内周面と同心で且つ若干の空隙部分を介して配置された回転子鉄心に円弧状の界磁用永久磁石を連続して交互にN極、S極となるように略円環状に配置した回転子とを備え、前記固定子コイルに順次通電させることにより前記回転子を回転駆動させる永久磁石形モータにおいて、1極分における前記界磁用永久磁石の外周面と前記空隙部分との間に存する回転子鉄心部分の幅を均一としないことを特徴とする永久磁石形モータ。

【請求項2】前記回転子鉄心部分の幅を、1極分の界磁用永久磁石の極中心位置から両端側のそれぞれの方向に向かうにしたがって少なくとも狭まらないように形成したことを特徴とする請求項1記載の永久磁石形モータ。

【請求項3】前記回転子鉄心部分の幅を、1極分の界磁用永久磁石の一端側から他端側に向かうにしたがって少なくとも狭まらないように形成し、且つ最も幅の広い部分を同一方向に向けるようにしたことを特徴とする請求項1記載の永久磁石形モータ。

【請求項4】略円環状の固定子鉄心に複数相の固定子コイルを巻回した固定子と、この固定子の内周面と同心で且つ若干の空隙部分を介して配置された回転子鉄心に円弧状の界磁用永久磁石を連続して交互にN極、S極となるように略円環状に配置した回転子とを備え、前記固定子コイルに順次通電させることにより前記回転子を回転駆動させる永久磁石形モータにおいて、1極分における前記界磁用永久磁石の径方向内側或いは外側或いはその両側の前記回転子鉄心部分に、前記界磁用永久磁石の極中心位置近傍から両端側のそれぞれの方向に向かうにしたがって少なくとも狭まらないように隙間を形成したことを特徴とする永久磁石形モータ。

【請求項5】前記隙間は、前記界磁用永久磁石の内周面と、この内周面を形成する円弧の曲率より小さい曲率の円弧により形成された円弧面、或いは、前記界磁用永久磁石の外周面と、この外周面を形成する円弧の曲率より大きい曲率の円弧により形成された円弧面により形成したことを特徴とする請求項4記載の永久磁石形モータ。

【請求項6】略円環状の固定子鉄心に複数相の固定子コイルを巻回した固定子と、この固定子の内周面と同心で且つ若干の空隙部分を介して配置された回転子鉄心に円弧状の界磁用永久磁石を連続して交互にN極、S極となるように略円環状に配置した回転子とを備え、前記固定子コイルに順次通電させることにより前記回転子を回転駆動させる永久磁石形モータにおいて、1極分の界磁用永久磁石の外周面と前記空隙部分との間に存する回転子鉄心部分の幅を、極両端側から極中心位置に向かうにしたがって少なくとも狭まらないように形成したことを特徴とする永久磁石形モータ。

【請求項7】前記界磁用永久磁石の残留磁束密度をB r

(Tesla)、前記固定子と前記回転子との間に存する空隙部分と前記界磁用永久磁石との間を隔てる回転子鉄心の極両端側の厚み寸法をt(mm)、前記界磁用永久磁石の径方向の厚み寸法をl(mm)としたとき、前記回転子鉄心の厚み寸法tが

$$B_r \times 0.05 \times l \leq t \leq B_r \times 0.35 \times l$$

の範囲内にあることを特徴とする請求項6記載の永久磁石形モータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、冷蔵庫やエアコンのコンプレッサ駆動用のモータなどに使用される永久磁石形モータに関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、冷蔵庫やエアコンのコンプレッサを駆動させるモータとしては、回転数の制御が容易な永久磁石形モータが一般的に利用されることが多い。以下、図28乃至図34を参照しながら、上記したような現在一般的に利用されている永久磁石形モータについて説明する。

【0003】図28中141は略円環状形状をなす固定子であり、この固定子141の鉄心部分には、内周面側に開孔部141bを有する半閉形スロット141aが、略円環状に等間隔を存するように例えば12個形成されている。そして、これらの半閉形スロット141aには、図中に示すように6個の固定子コイル143u、143v、143w及び144u、144v、144wが巻回収納されている。そして、これら6個の固定子コイル143u乃至144wには、三相の直流励磁電源が供給されるように構成されている。この三相の直流励磁電流のうち、U相には固定子コイル143u、144uが、V相には固定子コイル143v、144vが、W相には固定子コイル143w、144wがそれぞれ対応するように接続されている。

【0004】図中142は、上記固定子141の内周面に若干の空隙部分150を介するように配置され、薄板状の珪素鋼板の積層により構成されている回転子であり、図29に示すように回転子142の鉄心部分の中心位置に回転軸145を嵌着している。そして、回転軸145の周囲には、中心角が略90度程度に形成された円弧状をなすフェライト製の界磁用永久磁石146、147、148及び149が、直交する位置で且つ等間隔を存して環状に配置され、それぞれで回転軸145を中心位置で囲むようになっている。そして、これら界磁用永久磁石146乃至149と回転子142の鉄心部分との間は、回転子142の組み立てのための0.1mmから0.5mm程度の、最小限どの隙間（図示しない）しかできないように作成されていた。

【0005】回転子142に設けられた界磁用永久磁石146乃至149のうち、互に対向する界磁用永久磁

石146及び148はN極に着磁されており、もう一方の対向する界磁用永久磁石147及び149は逆にS極に着磁され、N極、S極が交互に配置するように構成されている。

【0006】上述した構成の永久磁石形モータは、図示しないモータ駆動装置から、固定子141の夫々の固定子コイル143u乃至144wに対応するU相、V相及びW相の各相に対して、二相ずつ所定の順序で電機角にして120度通電することにより発生する磁気的な吸引力及び反発力により、回転子142が回転駆動するように構成されている。

【0007】ところで、このような構成の永久磁石形モータにおいては、固定子141と回転子142との間に存する空隙部分150の磁束分布は、空隙寸法などの設計によっても種々の分布となり得るが、通常は図30に示してあるように電機角に対して略台形波状となる。そ\*

$$V = R \times i + L \times d(i) / dt + k \times N \times B \dots (1)$$

V：電圧

R：固定子コイルの抵抗

i：電流

L：固定子コイルのインダクタンス

k：固定子コイルの巻数などに関する定数

N：回転子の回転数

B：通電区間において固定子コイルに作用する空隙の磁束密度

$$T = G \times B \times I \dots (2)$$

T：モータの駆動トルク

G：固定子コイルの巻数などに関する定数

I：巻線電流

【0010】これらの関係式(1)及び(2)から、回転子142の回転数が大きくなると固定子コイル143u乃至144wに流れる直流励磁電流は少なくなり、これに伴ってモータの駆動トルクも小さくなってしまふ。そこで、従来は図33に示すように、1極分の電機角にして15度乃至135度に相当する部分の磁束が、固定子コイル143u乃至144wに作用するように、通電介し時刻を早めるなどの操作を施すことにより、固定子コイル143u乃至144wに作用する空隙磁束密度を少なくして、回転数が大きくなっても流れる電流が少なくなならないようにして必要な駆動トルクを得、大きい回転数で駆動させるという方法を採用するなどして対向していた。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】上記したような構成の従来の永久磁石形モータにおいては、以下に述べるような問題点が発生してくる。

【0012】まず、上述したような空隙高調波磁束密度成分によって発生するエネルギー成分のうちでも、特に第12次、第24次、第36次などの空隙エネルギー成分は、固定子141の鉄心部分に12個の半閉形スロツ

\*して、このような空隙磁束密度分布には、第3次、第5次、第7次などといった多くの高調波磁束密度成分が含まれるようになり、これらの高調波磁束密度成分によって数多くのエネルギー成分が空隙中に存在するようになる。

【0008】一方、固定子コイル143u乃至144wは、直流励磁電流が電機角にして1極分30度乃至150度の120度分通電されて、図32に示されているように電機角にして1極分30度乃至150度に相当する部分の磁束が作用して、駆動トルクを発生させるようになっている。

【0009】ここで、モータの1相分に発生する駆動トルクは、下記(1)式の電圧・電流の方程式によって決定される電流から、下記(2)式によって表すことができる。

ト141aの開孔部141bが存在しているために、空隙磁束密度の高調波成分との相互作用によって、図31に実測例で示されているように、いわゆるコギングトルクを発生してしまう。更に、固定子141と回転子142との間に存する空隙部分150における磁束密度分布は、磁極境界近傍の磁束が回転子142の鉄心部分内を通過して、界磁用永久磁石146乃至149のそれぞれの反対極に短絡するので、その分布は矩形波形状から若干正弦波形状に近付いたものとなり、コギングトルクを発生してしまう。このコギングトルクはモータの駆動トルクに重畳するが、有効な駆動トルクとして作用することではなく、回転子142に振動を与えるという不必要なトルクである。従って、このコギングトルクはモータのフレームやモータが駆動させる機器に伝達し、振動の発生やこの振動などに伴って発生する騒音などを発するといった問題点があった。

【0013】また、通電する電機角にして120度の部分を図32に示してある電機角にして30度乃至150度に相当する斜線の部分から、図33に示してある電機角にして15度乃至135度に相当する斜線の部分に変更したとしても、固定子コイル143u乃至144wに作用する空隙磁束密度の変化は大きいものではなく、図34に示されているように、通常の高調波成分と比較しても若干の向上が得られるだけであった。

【0014】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記したような技術的課題を解決するためになされたものであり、略円環状の固定子鉄心に複数相の固定子コイルを巻回した固定子と、この固定子の内周面と同心で且つ若干の空隙部分を介して配置された回転子鉄心に、円弧状の界磁用永久磁石を連続して交互にN極、S極となるように略円周状に配置した回転子とを備え、前記固定子コイルに順次通電させることにより、前記回転子を回転駆動させる

永久磁石形モータにおいて、1極分における前記界磁用永久磁石の外周面と前記空隙部分との間に存する回転子鉄心部分の幅を、均一としないことを特徴とする永久磁石形モータを提供するものである。

【0015】また、前記回転子鉄心部分の幅を、1極分の界磁用永久磁石の極中心位置から両端側のそれぞれの方  
10 向に向かうにしたがって、少なくとも狭まらないように形成、或いは1極分の界磁用永久磁石の一端側から他端側に向かうにしたがって、少なくとも狭まらないように形成し、且つ最も幅の広い部分を同一方向に向けるようにしたことを特徴とする永久磁石形モータを提供するものである。

【0016】更に、略円環状の固定子鉄心に複数相の固定子コイルを巻回した固定子と、この固定子の内周面と同心で且つ若干の空隙部分を介して配置された回転子鉄心に円弧状の界磁用永久磁石を連続して交互にN極、S極となるように略円環状に配置した回転子とを備え、前記固定子コイルに順次通電させることにより前記回転子を回転駆動させる永久磁石形モータにおいて、1極分  
20 における前記界磁用永久磁石の径方向内側或いは外側或いはその両側の前記回転子鉄心部分に、前記界磁用永久磁石の極中心位置近傍から両端側のそれぞれの方  
向に向かうにしたがって少なくとも狭まらないように隙間を形成し、特にこの隙間は、前記界磁用永久磁石の内周面と、この内周面を形成する円弧の曲率より小さい曲率の円弧により形成された円弧面、或いは、前記界磁用永久磁石の外周面と、この外周面を形成する円弧の曲率より大きい曲率の円弧により形成された円弧面とにより形成されたことを特徴とする永久磁石形モータを提供するものである。

【0017】また、略円環状の固定子鉄心に複数相の固定子コイルを巻回した固定子と、この固定子の内周面と同心で且つ若干の空隙部分を介して配置された回転子鉄心に円弧状の界磁用永久磁石を連続して交互にN極、S極となるように略円環状には位置した回転子とを備え、前記固定子コイルの順次通電させることにより前記回転子を回転駆動させる永久磁石形モータにおいて、1極分の界磁用永久磁石の外周面と前記空隙部分との間に存する回転子鉄心部分の幅を、極両端側から極中心位置に向  
40 かうにしたがって少なくとも狭まらないように形成し、且つ、前記界磁用永久磁石の残留磁束密度を $B_r$  (tesla)、前記固定子と前記回転子との間に存する空隙部分と前記界磁用永久磁石との間を隔てる回転子鉄心の極両端側の厚み寸法を $t$  (mm)、前記界磁用永久磁石の径方向の厚み寸法を $l$  (mm)としたとき、前記回転子鉄心の厚み寸法 $t$ が、

$$B_r \times 0.05 \times l \leq t \leq B_r \times 0.35 \times l$$

の範囲内にあることを特徴とする永久磁石形モータを提供するものである。

【0018】

【作用】本発明の永久磁石形モータでは、円弧状の界磁用永久磁石と空隙部分との間に存する回転子鉄心を、1極分の界磁用永久磁石の中心位置から両端部に向かうにしたがって、途中まで同一幅でその後徐々に広がるように形成、或いは中心位置から徐々に幅が広がるように形成、或いは円弧状の界磁用永久磁石の内周側或いは外周側に、1極分の界磁用永久磁石の極中心位置近傍から両端側のそれぞれの方  
10 向に向かうにしたがって少なくとも狭まらないように隙間を形成することにより、空隙部分における空隙磁束分布の高調波磁束密度成分を少なくしたものを得ることができるようになるので、不必要なコギングトルクを極力低下させることが可能となる。

【0019】更に、円弧状の界磁用永久磁石の一端側の空隙部分から他端側の空隙部分に向かうにしたがって、空隙部分における空隙磁束密度を、途中まで一定でその後徐々に減少させるように構成、或いは一端側から他端側に向かうにしたがって徐々に減少させるように構成しているので、通電区間の範囲により固定子コイルの作用させる空隙磁束密度の量を大きく変化させることが可能となる。

【0020】また、円弧状の界磁用永久磁石のと空隙部分との間に存する回転子鉄心の幅を、極両端側から極中心位置に向かうに従って少なくとも狭まらないように形成することにより、1極分の空隙部分における120度（電気角）分の空隙磁束分布を略一定にすることができ  
るので、トルクリプルを極力低減させることが可能となる。

【0021】

【実施例】以下、本発明の第1の実施例として、三相4極の永久磁石形モータに適用した場合について図1乃至図4を参照しながら説明する。

【0022】まず、図1中1は環状で円盤状の固定子であり、この固定子1は、固定子鉄心1'と固定子コイル3u、3v、3w及び4u、4v、4wとにより構成されている。固定子鉄心1'は略円環状をなし、固定子鉄心1'には内周面側に開孔部1bを有する半閉形スロット1aが、例えば12個等間隔を存するように円周状に形成されている。そして、この半閉形スロット1aには、図示しているように6組の固定子コイル3u乃至4wが、所定の半閉形スロット1aに巻回されて収納配置される構造となっている。これら固定子鉄心1'及び固定子コイル3u乃至4wにより固定子1が構成されている。固定子コイル3u乃至4wには、後述する直流電源11から三相の直流励磁電流が供給されるように構成されており、この三相の直流励磁電流のうち、U相には固定子コイル3u及び4uが、V相には固定子コイル3v及び4vが、W相には固定子コイル3w乃至4wがそれぞれ対応するように接続されている。

【0023】また、固定子1の同心円内周部には、固定子1の内周面との間に若干の空隙部分10を均一に存す  
50



るように回転子2が配置されている。この回転子2は、回転子鉄心2'、回転軸5及び界磁用永久磁石6、7、8及び9により構成されている。回転子鉄心2'は、例えば薄板状の珪素鋼板を多数積層してなるものであり、前述したように、固定子1の内周面との間に若干の空隙部分10を均一に存するようにして配置されている。そして、この回転子鉄心2'は、図2においても示すように、中心位置に回転軸5が嵌着されている。回転子鉄心2'の外周面より径方向内側に若干入った位置には、中心角が略90度程度に形成された円弧状をなす、例えばフェライト製の4つの界磁用永久磁石6乃至9が、等間隔を存するように略円周状に固定配置されている。これらの界磁用永久磁石6乃至9のうち、互いに対向する界磁用永久磁石6及び8は例えばN極に着磁されており、もう一方の対向する界磁用永久磁石7及び9は逆にS極に着磁され、N極、S極が交互に配置するように構成されている。これらの界磁用永久磁石6乃至9と、その外周側に位置する空隙部分10との間に存する回転子鉄心2'部分の厚みは、界磁用永久磁石6乃至9のそれぞれの中心位置から両端側のそれぞれの方向に向かうにしたがって、少なくとも厚みが狭まらないように構成（換言すると、1極分の界磁用永久磁石の中心位置に対応する回転子鉄心2'部分から、界磁用永久磁石の両端側のそれぞれの方向に向かうにしたがって、徐々に厚みを増すように構成、或いは途中まで同一の厚みでありその後徐々に厚みを増すように構成）されている。

【0024】次に、本実施例における永久磁石形モータの駆動用として、一般に広く利用されているインバータ電源の電氣的構成を、図3を参照しながら説明する。11は直流電源であり、この直流電源11にはスイッチング主回路12が接続されている。このスイッチング主回路12は、6対のトランジスタ13及び還流ダイオード14を有しており、これら6対のトランジスタ13及び還流ダイオード14は、三相ブリッジ接続されてなるもので、三相のアーム部12u、12v及び12wのそれぞれが有するトランジスタ13の共通接続点は、それぞれU相、V相及びW相に対応する出力線に接続されている。U相、V相及びW相に対応する出力線は、固定子コイル3u及び4u、固定子コイル3v及び4v、固定子コイル3w及び4wをY字結線した夫々の端子に接続されている。15はスイッチング主回路12中に配置されているトランジスタ13に制御信号を与える制御回路であり、固定子コイル3u及び4u、固定子コイル3v及び4v、固定子コイル3w及び4wの隣接する二相分の固定子コイルに対して、電気角にして120度ずつ位相をずらして通電するように構成されている。また、この制御回路15は、U相、V相及びW相に対応する夫々の出力線にも接続されており、回転子2の回転により固定子コイル3u乃至4wに誘起される電圧を検出し、回転子2の回転位置に応じたモータ駆動信号を得られるよう

にしている。図4は、各相に対する通電のシーケンスを示したもので、各相には電気角にして120度ずつの直流励磁電流が順次通電されるようにしている。

【0025】以下、本実施例の動作及び作用について説明する。まず、制御回路15によりスイッチング主回路12に設けられている6つのトランジスタ13に制御信号が供給される。トランジスタ13に制御信号が供給されると、固定子コイル3u乃至4wのうちの隣接する二相の固定子コイル3u、4u及び固定子コイル3v、4vに通電され、以下、固定子コイル3v、4v及び固定子コイル3w、4w、固定子コイル3w、4w及び固定子コイル3u、4u……のように順次電気角にして120度通電される。このように固定子コイル3u乃至4wに順次120度通電されると、固定子1による回転磁界が発生し、回転子2は磁気吸引力及び反発力により回転駆動を開始する。

【0026】このような構成の永久磁石形モータにおいては、回転子2における界磁用永久磁石6乃至9の外周側に位置し、空隙部分10に挟まれている回転子鉄心2'部分の厚みを、1極分の界磁用永久磁石において極中心位置から両端部に至るにしたがって、厚みが徐々に広くなるように形成しているので、極中心位置と比較して極の両端部に近づくほど、界磁用永久磁石6乃至9から出る磁束のうち、空隙部分10に到達する磁束が減少するようになる。つまり、極中心位置から両端部に至るにしたがって磁束は低減され、空隙磁束密度分布における高調波磁束密度成分が少なくなり、図5に示すような極めて正弦波の形状に近い波形に分布するようになる。

【0027】従って、本実施例の場合、空隙磁束密度の高調波磁束密度成分を極力減少させるようにして空隙磁束密度の分布が正弦波の形状に近似するように構成しているので、図6に実測例として示してあるように、コギングトルクを低減することができるようになるので、図示しない駆動装置により通電されると滑らかな回転駆動を行い得るようになる。

【0028】次に、第2の実施例を図7を参照しながら説明する。図7は第2の実施例における回転子を示したものである。回転子22以外の構成、つまり固定子や電気構成などは上記第1の実施例と同様であるので図示は省略し、説明文中においては同一の符号を用いて説明する。尚、以下第3乃至第5の実施例についても同様にして説明を行う。

【0029】第1の実施例と同様、固定子1の同心円内周部に、この回転子22が若干の空隙部分10を均一に存するようにして配置されている。この回転子22は、回転子鉄心22'、回転軸5及び界磁用永久磁石26、27、28及び29により構成されている。回転子鉄心22'は、例えば薄板状の珪素鋼板の積層により形成されたものであり、中心位置に回転軸5を嵌着している。回転子鉄心22'の外周面より径方向内側に若干入った



位置には、中心角が略90度程度に形成された円弧状をなす、例えばフェライト製の4つの界磁用永久磁石26乃至29が、等間隔を介するように略円周状に固定配置されている。これらの界磁用永久磁石26乃至29のうち、互に対向する界磁用永久磁石26及び28は例えばN極に着磁されており、もう一方の対向する界磁用永久磁石27及び29は逆にS極に着磁され、N極、S極が交互に配置するように構成されている。

【0030】これらの界磁永久磁石26乃至29と空隙部分10との間に存する回転子鉄心22'部分の厚みは、1極分の界磁用永久磁石の極中心位置が最も薄くなっており、両端部に向かうにしたがって徐々に厚みを増すように構成されている。また、回転子鉄心22'の外周面近傍で、且つ上記界磁用永久磁石26乃至29のうち、隣接する2つの界磁用永久磁石（例えば界磁用永久磁石26と27）の間に位置する回転子鉄心22'部分には、空間部分aをそれぞれ形成してあり、夫々が直交するようになっている。

【0031】このように空間部分aを形成することにより、界磁用永久磁石26乃至29から空隙部分10に到達する磁束量を低減することができ、更には空間部分aの大きさなどを調整することにより、空隙部分10に到達させる磁束量を調整することも可能となる。

【0032】以下、第3乃至第5の実施例を図8乃至図10を参照しながら説明する。図8は第3の実施例に相当する回転子を示したものである。回転子32は、薄板状の珪素鋼板を多数積層してなる回転子鉄心32'、回転子鉄心32'の中心位置に嵌合された回転軸5、及びフェライト製の界磁用永久磁石36乃至39により構成されている。界磁用永久磁石36乃至39は、外周側が中心角略90度の円弧状をした蒲鉾状の形態を有するものである。そして、この円弧状をした外周面と空隙部分10との間に存する回転子鉄心32'部分の厚みは、1極分の界磁用永久磁石の中心位置が最も薄く形成されており、両端部に向かうにしたがって徐々に厚みを増すようになっている。

【0033】また、図9は第4の実施例に相当する回転子を示したものである。回転子42は、薄板状の珪素鋼板を多数積層してなる回転子鉄心42'、回転子鉄心42'の中心位置に嵌合された回転軸5、及びフェライト製の界磁用永久磁石46乃至49により構成されている。界磁用永久磁石46乃至49は、中心角が略90度の円弧状をなす形状であり、1極分の界磁用永久磁石の中心位置における厚みが最も厚く、外周面側が両端部に向かうにしたがって内周面側に近づく形状、つまり、中心位置から両端部に向かうにしたがって徐々に薄くなるように形成されている。界磁用永久磁石46乃至49の形状をこのようにすることにより、界磁用永久磁石46乃至49の外周面と空隙部分10との間に存する回転子鉄心42'部分の厚みを、1極分の界磁用永久磁石の極

中心位置から両端部に向かうにしたがって徐々に厚くするようにしている。

【0034】更に、図10は第5の実施例に相当する回転子を示したものである。回転子52は、薄板状の珪素鋼板を多数積層してなる回転子鉄心52'、回転子鉄心52'の中心位置に嵌合された回転軸5、及びフェライト製の界磁用永久磁石56乃至59により構成されている。上記第1乃至第4の実施例における回転子鉄心は、環状で円盤状の形態をなしていたが、本実施例における回転子鉄心52'の形態は、図示しているように2つの楕円を直交させるように重ね合わせたような形態をなしている。

【0035】界磁用永久磁石56乃至59は、中心角が略90度の円弧状をなす形状であり、1極分の界磁用永久磁石の中心位置における厚みが最も厚く、外周面が両端部に向かうにしたがって近づく形状、つまり、極中心位置から両端部に向かうにしたがって徐々に薄くなるように形成されている。そして、界磁用永久磁石56乃至59の外周面と空隙部分10との間に存する回転子鉄心52'部分の厚みを1極分の界磁用永久磁石の中心位置から両端部に向かうにしたがって徐々に厚くするようにしている。上記した第3乃至第5の実施例の回転子であれば、第1及び第2の実施例と同様の効果を奏することができる。

【0036】尚、第5の実施例における界磁用永久磁石の形状は、他の実施例において説明しているような形状のものであっても、同様の効果を奏することができるものである。

【0037】次に、第6乃至第11の実施例について図11乃至図20を参照しながら説明する。尚、以下の実施例においても図示するものは回転子のみであり、他の構成は上記実施例と同様であるので図示は省略し、説明文中においても同一の符号を用いて説明をする。

【0038】まず、第6の実施例として図11を参照しながら説明する。図11は第6の実施例に相当する回転子である。上記実施例と同様、固定子1の同心円内周部には、例えば薄板状の珪素鋼板を多数積層してなる回転子鉄心62'が、固定子1の内周部との間に若干の空隙部分10を均一に存するようにして配置されている。この回転子鉄心62'には、中心位置に回転軸5が嵌合されている。回転子鉄心62'の外周面より径方向内側に若干入った位置には、中心角が略90度形成された円弧状をなす、例えばフェライト製の4つの界磁用永久磁石66乃至69が等間隔を存するように、且つ略円周状に固定配置されている。これらの界磁用永久磁石66乃至69のうち、互に対向する界磁用永久磁石66及び68は例えばN極に着磁されており、もう一方の対向する界磁用永久磁石67及び69は逆にS極に着磁され、N極、S極が交互に配置するように構成されている。

【0039】これらの界磁用永久磁石66乃至69と、

その外周側に位置する空隙部分10との間に存する回転子鉄心62'部分の厚みは、1極分の界磁用永久磁石の一端側から他端側に向かうにしたがって、連続して徐々に厚みを増すように形成され、且つ回転子鉄心62'部分で最も厚みのある部分が同一方向を向くようにしている。そのため、界磁用永久磁石66乃至69は若干歪んだ位置に固定されており、1極分の界磁用永久磁石の一端側の外周側に位置する回転子鉄心62'部分の厚みと、他端側の外周側に位置する回転子鉄心62'部分の厚みとが、最も厚みの差が大きいこととなる。このように、珪素鋼板の積層により形成された回転子鉄心62'、回転子鉄心62'の中心位置に嵌合された回転軸5、及び界磁用永久磁石66乃至69により回転子62が構成されている。

【0040】このような構成の回転子62を有する永久磁石形モータにおいては、固定子1と回転子62の間に存する空隙部分10における磁束分布は、図17に示したように略三角形の波形となる。つまり、固定子コイル3u乃至4wへの通電区間に対応する空隙部分10における空隙磁束分布は、1極分の界磁用永久磁石における回転子鉄心62'部分の薄いほうの一端側では空隙磁束密度が多くなり、回転子鉄心62'部分の厚い他端側では空隙磁束密度が少なくなる。従って、空隙磁束密度の最大値は1極分の界磁用永久磁石の中央部分近辺ではなく、回転子鉄心62'部分の薄い方の一端部となる。

【0041】一方、固定子コイル3u乃至4wは、直流励磁電流が電気角にして1極分30度乃至150度に相当する120度分通電され、図18に示されているように、電気角にして30度乃至150度に相当する部分の磁束が作用して、モータの駆動トルクを発生させるようになっているが、ここで従来行っていたように、図19に示すように、1極分の界磁用永久磁石で電気角にして15度乃至135度に相当する部分に通電するように、通電開始時刻を早める操作を施すことにより、固定子コイル3u乃至4wに作用する空隙磁束密度は大きく変化するようになり、図20に示すように高い回転数までモータの駆動トルクをえることができるようになる。

【0042】第7の実施例として図12を参照しながら説明する。図12は、第7の実施例に相当する回転子を示したものである。回転子72は、薄板状の珪素鋼板を多数積層してなる回転子鉄心72'と、この回転子鉄心72'の中央位置に嵌合されている回転軸5と、回転子鉄心72'の外周面より径方向内側に若干入った位置に設けられている、中心角が略90度に形成した略円弧状をなす、例えばフェライト製の4つの界磁用永久磁石76、77、78及び79とにより構成されている。これら界磁用永久磁石76乃至79は、等間隔を存するよう

にS極に着磁され、N極、S極が交互に配置するように構成されている。

【0043】これらの界磁用永久磁石76乃至79は、ほぼ一定の厚みで中心角が略90度の円弧状に形成された永久磁石を、その外周側のほぼ中心位置から一端側の端面の径方向におけるほぼ中心位置まで、徐々に削り取ったような形状をしている。つまり、界磁用永久磁石76乃至79の外周側のほぼ中央位置から一端側までの外周側に位置する回転子鉄心72'の厚みが、端部に向かうにしたがって徐々に厚みを増すように形成されている。このとき、図示しているように、界磁用永久磁石76乃至79は、最も厚みの薄くなった一端側が同一方向を向くようにして配置されている。

【0044】このように界磁用永久磁石76乃至79の厚みを変化させるように形成することで、上記第6の実施例と同様に、高い回転数までモータの駆動トルクを得ることができるようになる。

【0045】第8の実施例として図13を参照しながら説明する。図13は、第8の実施例に相当する回転子を示したものである。界磁用永久磁石86乃至89の形状は、一定の厚みで中心角が略90度の円弧状に形成された永久磁石の内周側を、一端側から他端側の端面の径方向におけるほぼ中央位置までに至る部分を、徐々に削り取ったような形状、つまり、一端側から他端側に向かうほど薄くなるようにした形状をなしており、図示しているように、界磁用永久磁石86乃至89の最も厚みの薄くなった他端側の端面が同一方向を向くようにしている。そして、この界磁用永久磁石86乃至89を等間隔を存し、且つ外周面と空隙部分10との間に存する回転子鉄心82'部分の厚みを均一にするように配置している。

【0046】界磁用永久磁石86乃至89の形状をこのような形態とすると、空隙部分10において、固定子コイル3u乃至4wに作用する磁束は、厚みの厚い一端側では少なくなり、厚みが最も薄い他端側では多くなるので、上記第6乃至第7の実施例と同様の効果を奏することが可能となる。

【0047】次に、第9の実施例として図14に示した回転子を参照しながら説明する。本実施例の特徴としては、上記第6乃至第8の実施例とは異なり、図示しているように回転子鉄心92'の周囲に界磁用永久磁石96乃至99を固定配置する構成である点である。界磁用永久磁石96乃至99の形状は、中心角が90度で厚みが一定の円弧状の永久磁石を形成し、外周面を一端側から他端側の端面の径方向におけるほぼ中央位置に向かって徐々に削り取ったような形状、つまり、一端側から他端側に向かうにしたがって徐々に薄くなるようにした形状である。そして、このようにして形成した界磁用永久磁石96乃至99を、回転子鉄心92'の外周表面に最も厚みの薄くなった他端側の端面を同一方向に向け、且つ

隙間のあかないように接着などにより固定して回転子92を構成したものである。

【0048】このような回転子92であっても、上記第6乃至第8の実施例と同様に、固定子コイル3u乃至4wに作用する磁束の量を、一端側と他端側とで異なるようにすることができるので、同様の効果を奏することは可能である。但し、本実施例では界磁用永久磁石96乃至99を、中心角90度に形成して隙間なく固定配置する構成としているが、若干の隙間を介して等間隔に配置するようにしても同様の効果を奏することができる。

【0049】以下、第10及び第11の実施例を図15及び図16を参照しながら説明する。まず、第10の実施例としては、図15に示すように、1極分の界磁用永久磁石を例えば上方の断面が略台形状をなす大部分をN極に着磁して形成し、下方の断面が略三角形をなす小さい部分をS極に着磁した形成とすることにより、これらの部分でN極とS極により磁束を打消す作用を起こさせて、磁束の強弱をつけるようにした構成である。

【0050】また、第11の実施例としては、図16に示すように、1極分の界磁用永久磁石の高さを一端側と他端側とで変化させ、図中に示すように一端側の高さ $\alpha$ を他端側の高さ $\beta$ より低く形成することにより、固定子コイル3u乃至4wに作用する磁束に強弱をつけるように形成したものである。

【0051】これら第10及び第11の実施例のようにして形成した界磁用永久磁石を、磁束の弱い側、或いは磁束の強い側を同一方向に向けて回転子鉄心に固定配置することにより、上記第6乃至第9の実施例と同様の効果を奏することが可能である。

【0052】次に、第12及び第13の実施例について図21乃至図23を参照しながら説明する。尚、以下の実施例においても図示するものは回転子のみであり、他の構成は上記実施例と同様であるので図示は省略し、説明文中においても同一の符号を付して説明する。

【0053】まず、第12の実施例として図21を参照しながら説明する。図21は第12の実施例に相当する回転子である。上記実施例と同様、固定子1の同心円内周部には、例えば薄板状の珪素鋼板を多数積層してなる回転子鉄心102'が、固定子1の内周部との間に若干の空隙部分10を均一に介するようにして配置されている。この回転子鉄心102'には、中心位置に回転軸5が嵌合されている。回転子鉄心102'の外周面より径方向内側に若干入った位置には、中心角が略90度程度に形成された円弧状をなす、例えばフェライト製の4つの界磁用永久磁石106乃至109を等間隔で且つ略円周状に配置させるための孔103が形成されており、この孔103に界磁用永久磁石106乃至109を内包している。そして、これらの界磁用永久磁石106乃至109のうち、互いに対向する界磁用永久磁石106及び108は例えばN極に着磁されており、もう一方の対向

する界磁用永久磁石107及び109は逆にS極に着磁され、N極、S極が交互に配置するように構成されている。

【0054】これら界磁用永久磁石106乃至109と、その外周側に位置する空隙部分10との間に存する回転子鉄心102'部分の厚みは、上記実施例とは異なり、どの部分も略均一に形成されているが、本実施例では、界磁用永久磁石106乃至109の径方向内側に隙間100を形成している。この隙間100は、界磁用永久磁石106乃至109を内包するための孔103と、界磁用永久磁石106乃至109とにより形成されており、これは、孔103の形状に特徴を有しているからである。この孔103の形状について説明すると、孔103の径方向外側は、界磁用永久磁石106乃至109の外周面を形成する円弧と同一の曲率を有する円弧で形成されているが、径方向内側は、界磁用永久磁石106乃至109の内周面を形成する円弧より曲率の小さい円弧で形成されている。そのため、界磁用永久磁石106乃至109の外周面は孔103に密着されるが、内周面では極中心位置近傍のみで接触するだけであり、他の部分では密着していないので、その部分に隙間100が形成されている。

【0055】このように界磁用永久磁石106乃至109の径方向内側に、極中心位置から両端部に向かうにしたがって、少なくとも隙間の幅が狭まらないように構成することにより、空隙部分10における磁束密度分布を正弦波形状に近付けることができるようになり、また、従来技術と本実施例の空隙磁束密度の高調波の基本成分に対する比率を比較すると、図23に示すように本実施例の高調波の含有量を低減させることができるので、コギングトルクの発生を極力低減させることが可能となる。

【0056】また、図22は第13の実施例に相当する回転子を示したものである。回転子112は、薄板状の珪素鋼板を多数枚積層してなる回転子鉄心112'、回転子鉄心112'の中心位置に嵌合された回転軸5、回転子鉄心112'に設けられた4つの孔113、及びこの孔113により内包される、フェライト製の界磁用永久磁石116乃至119により構成されている。

【0057】上記第12の実施例と異なる点は孔113の形状であり、この孔113の径方向内側は、界磁用永久磁石116乃至119の内周面を形成する円弧と同一の極率を有する円弧で形成されているが、径方向外側は、界磁用永久磁石116乃至119の外周面を形成する円弧の極率より大きい円弧で形成されている。したがって、界磁用永久磁石116乃至119の内周面は孔113に密着されるが、外周面では極中心位置近傍のみで接触するだけであり、他の部分の密着しない部分で隙間110を形成している。このときの界磁用永久磁石116乃至119の外周面と回転子鉄心112'の外周面と

の距離は、どの部分においても略均一に形成されている。

【0058】このように、界磁用永久磁石116乃至119の外周側に隙間110を形成しても、上記第12の実施例と同様の効果を得ることは可能であり、更に、界磁用永久磁石の内周側及び外周側の両側に隙間を形成しても、同様の効果を得ることは可能である。

【0059】更に、上記第12及び第13の実施例では、隙間を界磁用永久磁石と孔とにより形成しているが、界磁用永久磁石を内包する孔とは別の部分に隙間を設けるなど、本発明の要旨を逸脱しない範囲内であれば種々の変更は可能である。

【0060】次に、第14乃至第15の実施例について図24乃至図27を参照しながら説明する。尚、以下の実施例においても図示するものは回転子のみであり、他の構成は上記実施例と同様であるので図示は省略し、説明文中においても同一の符号を付して説明する。

【0061】まず、第14の実施例として、図24に示す回転子122を参照しながら説明する。上記実施例と同様、固定子1の同心円内周部には、例えば薄板状の珪素鋼板を多数積層してなる回転子鉄心1'22'が、固定子1の内周部との間に若干の銃撃部分10を均一に介するようにして配置されている。この回転子鉄心122'には、中心位置に回転軸5が嵌合されている。回転子鉄心122'の外周面より径方向内側に若干入った位置には、中心角が略90度程度に形成された、円弧状をなす例えばフェライト製の4つの界磁用永久磁石126乃至129が、等間隔で且つ略円周状に配置されている。そして、これらの界磁用永久磁石126乃至129のうち、互いに対向する界磁用永久磁石126及び128は例えばN極に着磁されており、もう一方の対向する界磁用永久磁石127及び129は逆にS極に着磁され、N極、S極が交互に配置するように構成されている。

【0062】これらの界磁用永久磁石126乃至129と、その外周側に位置する空隙部分10との間に存する回転子鉄心122'部分の厚みは、界磁用永久磁石126乃至129のそれぞれの極両端側から極中心位置に向かうにしたがって、少なくとも厚みが狭まらないように構成（逆に言うと、極中心位置に対応する回転子鉄心122'部分が最も厚くなり、極両端側へ向かうにしたがって少なくとも厚みが広がらないように徐々に薄くなるように構成）されている。

【0063】これら界磁用永久磁石126乃至129は、残留磁束密度が $B_r$  (Tesla)、径方向の厚み寸法が $l$  (mm)、極両端側の回転子鉄心122'の厚み寸法が $t$  (mm)に形成されている。このとき、回転子鉄心122'の極両端側に対応する部分の厚み寸法 $t$  (mm)は、 $B_r \times 0.05 \times l \leq t \leq B_r \times 0.35 \times l$ に示すような関係にある。

【0064】また、図25は第15の実施例に相当する

回転子132を示したものである。この回転子132は、薄板状の珪素鋼板を多数枚積層してなる回転子鉄心132'、回転子鉄心132'の中心位置に嵌合された回転軸5、回転子鉄心132'に設けられたフェライト製の界磁用永久磁石136乃至139により構成されている。

【0065】上記第14の実施例と異なる点は界磁用永久磁石136乃至139の形状であり、本実施例の界磁用永久磁石136乃至139は、外周側の形状は上記第14の実施例の界磁用永久磁石126乃至129と同じであるが、内周側が直線状に形成されており、全体としては蒲鉾形をなす形状をしている。このときの界磁用永久磁石136乃至139の厚み寸法 $l$  (mm)は、全体を平均化した値を利用している。

【0066】上記第14及び第15の実施例における空隙磁束密度の分布と合成トルクを図26及び図27に示すが、これらの実施例のような形状の回転子鉄心122及び132であると、界磁用永久磁石126乃至129及び界磁用永久磁石136乃至139から出る磁束のうち、極両端側から極中心位置に向かうに従い、磁束は回転子鉄心122'及び132'を通り、極両端側のほうに流れる傾向となるが、極中心位置に比較して極両端側では磁気飽和が起りやすい寸法としてあるので、磁束は空隙部分10から固定子鉄心1'に流れるようになる。つまり、従来例では空隙部分10中の極中心位置に磁束が多くなるが、この磁束が極両端側に流れ、しかも少しずつ空隙部分10から固定子1へと流れるので、空隙磁束密度は平均化されるようになり、少なくとも1極分で120度（電気角）区間程度では、図26に示すように正弦波形状の上端部をほぼ平らな状態に潰したような略一定となる。従って、この120度（電気角）の区間において固定子コイル3u乃至4wに略一定の電流が流れると、相互作用で発生する合成トルクは図27に示すように、凹凸が極めて少ない波形となり、滑らかな回転駆動を得ることが可能となる。

【0067】以上説明した第1乃至第15の実施例においては、三相4極の永久磁石形モータに適用して説明しているが、この形状のモータに限ったものではなく、種々変形して実施することが可能である。

【0068】また、上記実施例では、薄板状の珪素鋼板を多数枚積層することにより構成した回転子鉄心を適用したのについて説明しているが、これに限るものではなく、磁性体材料よりなる回転子鉄心であれば適用して実施することは可能であり、上記実施例と同様の効果を奏することは可能である。

【0069】また、上記実施例では、フェライト製の永久磁石を適用した永久鉄心形モータについて説明しているが、これに限るものではなく、アルニコや希土類などの永久磁石を利用して実施することも可能であり、上記実施例と同様の効果を奏することが可能である。更に、

モータの駆動方法も上述した方法に限るものではなく、種々の駆動方法を採用することも可能である。

【0070】

【発明の効果】本発明の永久磁石形モータによれば、界磁用永久磁石の外周面と空隙部分との間に存する回転子鉄心部分の幅を、1極分の界磁用永久磁石の一端側から他端側に向かうにしたがって徐々に広く形成する、或いは途中まで同一幅でその後徐々に幅を広く形成、或いは円弧状の界磁用永久磁石の内周側或いは外周側に、1極分の界磁用永久磁石の極中心位置近傍から両端側のそれぞれの方向に向かうにしたがって、少なくとも狭まらないように隙間を形成するように構成しているの、空隙部分における空隙磁束分布の高調波磁束密度成分を極力減少させることができるので、コギングトルクを低下し、ひいては永久磁石形モータや、このモータを利用して駆動させる機器から発生する振動、及びこの振動などにより発生する騒音などを低減することができる、などといった優れた効果を奏するものである。

【0071】また、固定子コイルの作用する1極分の界磁用永久磁石の空隙磁束密度が、一端側から他端側に向かうにしたがって通電角により大きく変化させることができるように構成しているの、高い回転数の範囲までモータの駆動トルクを得ることが可能であるという優れた効果を奏するものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施例における永久磁石形モータの平面図

【図2】図1における回転子の拡大図

【図3】永久磁石形モータの電気的構成図

【図4】固定子コイルへの通電シーケンスを示す図

【図5】本発明における空隙磁束密度の分布を示す図

【図6】第1の実施例におけるコギングトルクの実測値を示す図

【図7】第2の実施例における回転子の拡大図

【図8】第3の実施例における回転子の拡大図

【図9】第4の実施例における回転子の拡大図

【図10】第5の実施例における回転子の拡大図

【図11】第6の実施例における回転子の拡大図

\*

\*【図12】第7の実施例における回転子の拡大図

【図13】第8の実施例における回転子の拡大図

【図14】第9の実施例における回転子の拡大図

【図15】第10の実施例における界磁用永久磁石の形状を示す図

【図16】第11の実施例における界磁用永久磁石の形状を示す図

【図17】第6乃至第11の実施例における空隙磁束密度の分布を示す図

10 【図18】通電区間と空隙磁束密度分布の関係を示す図

【図19】通電区間と空隙磁束密度分布の関係を示す図

【図20】モータ特性を示す図

【図21】第12の実施例における回転子の拡大図

【図22】第13の実施例における回転子の拡大図

【図23】従来例及び本発明の高調波成分の比較図

【図24】第14の実施例における回転子の拡大図

【図25】第15の実施例における回転子の拡大図

【図26】第14及び第15の実施例における空隙磁束密度の分布を示す図

20 【図27】第14及び第15の実施例における合成トルクを示す図

【図28】従来の永久磁石形モータの平面図

【図29】図28における回転子の拡大図

【図30】従来の空隙磁束密度分布を示す図

【図31】従来のコギングトルクの実測値を示す図

【図32】通電区間と空隙磁束密度分布の関係を示す図

【図33】通電区間と空隙磁束密度分布の関係を示す図

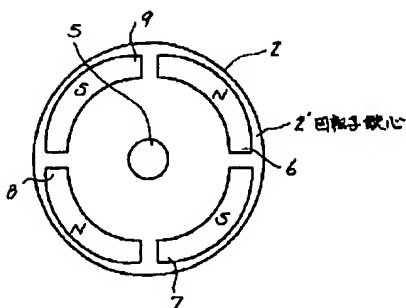
【図34】従来のモータ特性を示す図

【符号の説明】

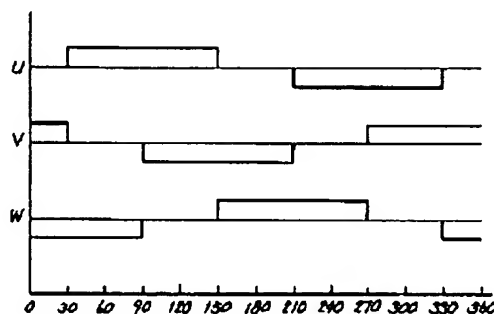
- 30 1 固定子  
1' 固定子鉄心  
2 回転子  
2' 回転子鉄心  
3u, 3v, 3w 固定子コイル  
4u, 4v, 4w 固定子コイル  
6, 7, 8, 9 界磁用永久磁石  
10 空隙部分

\*

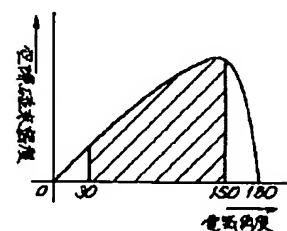
【図2】



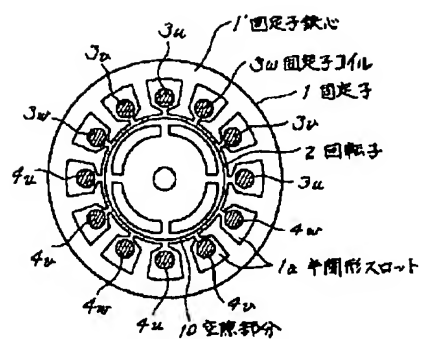
【図4】



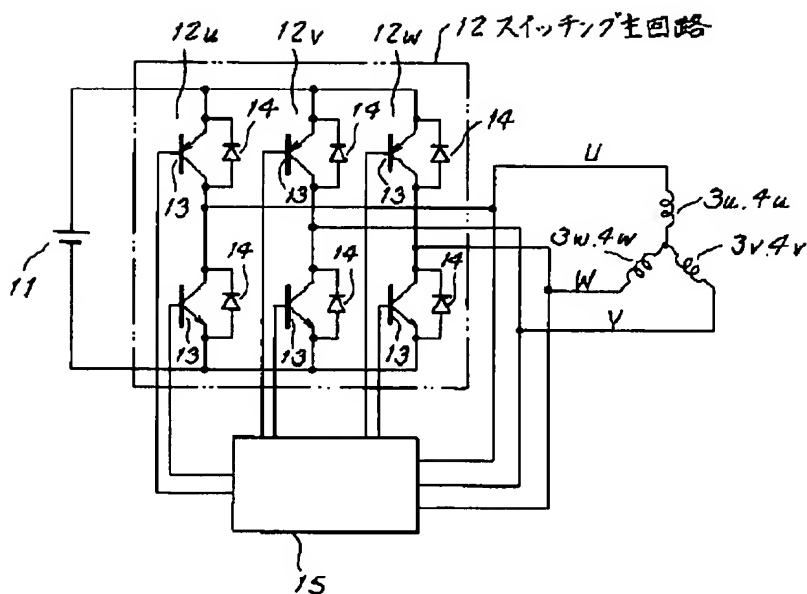
【図18】



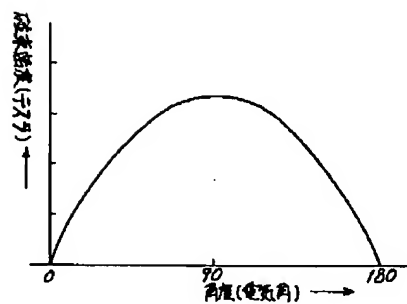
【図1】



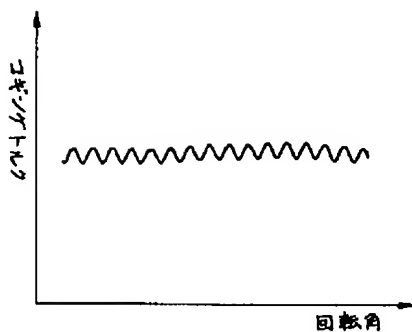
【図3】



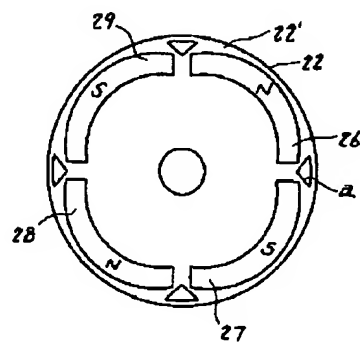
【図5】



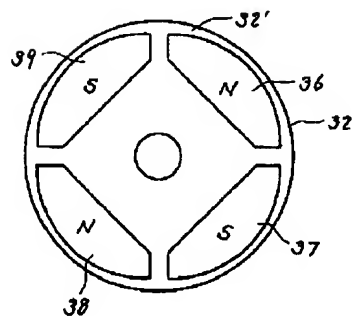
【図6】



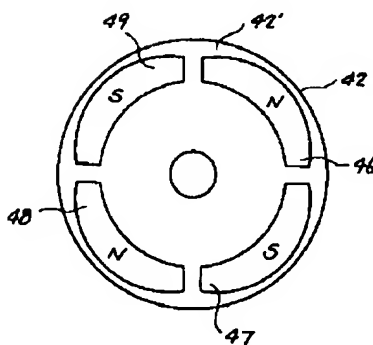
【図7】



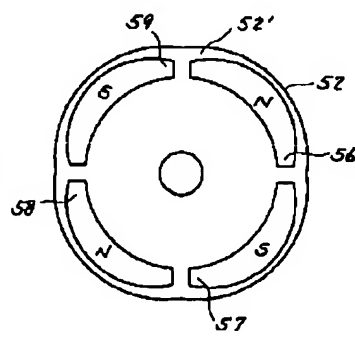
【図8】



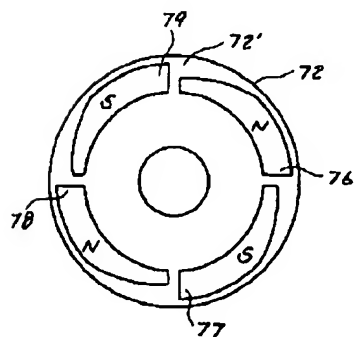
【図9】



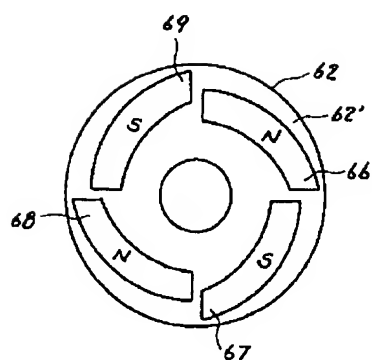
【図10】



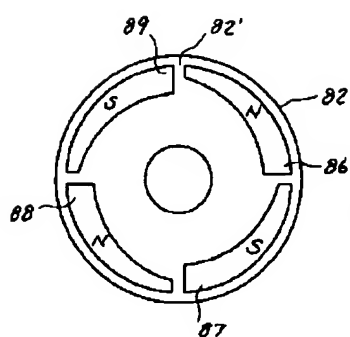
【図12】



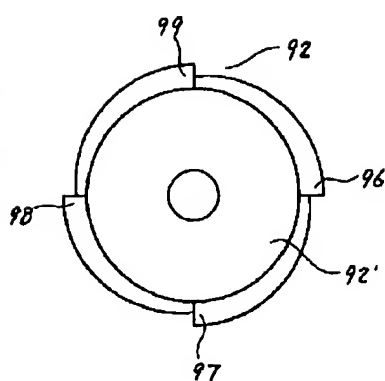
【図11】



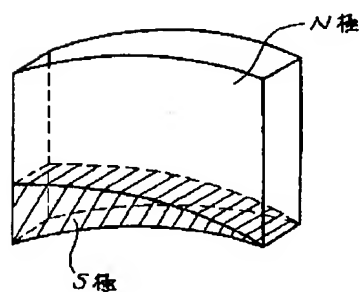
【図13】



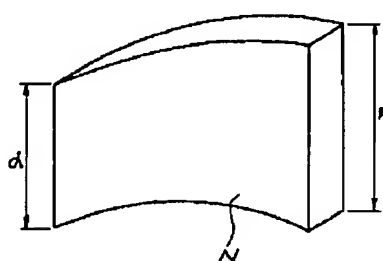
【図14】



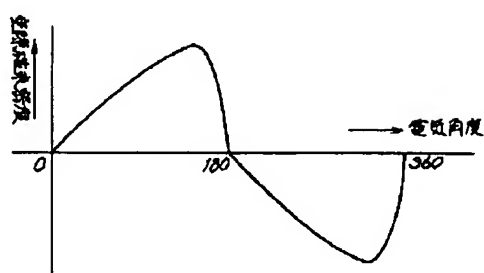
【図15】



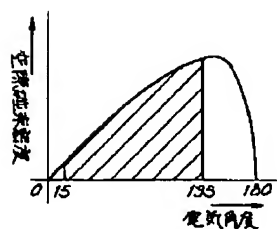
【図16】



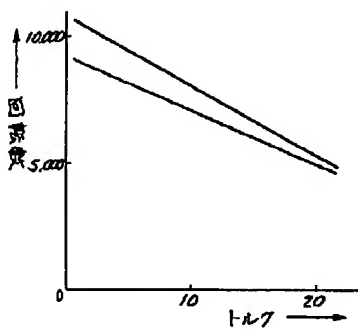
【図17】



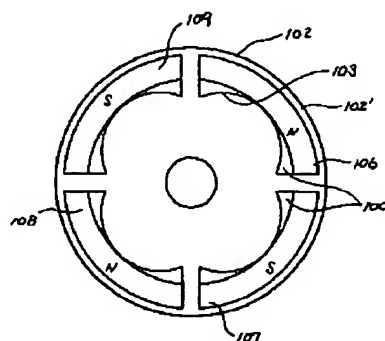
【図19】



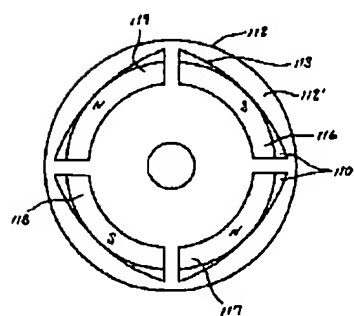
【図20】



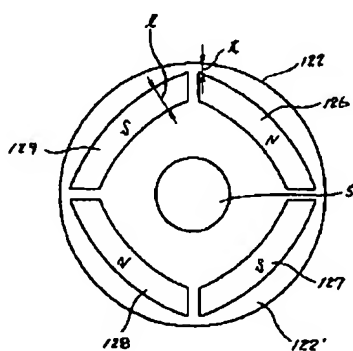
【図21】



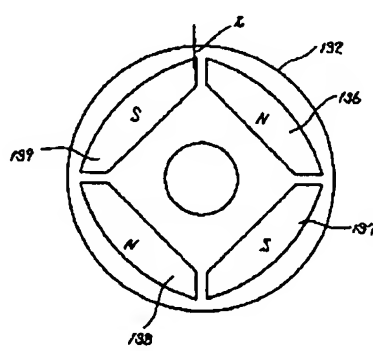
【図22】



【図24】



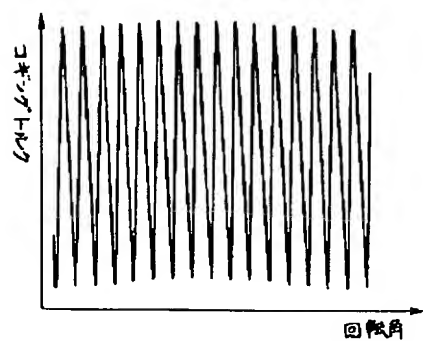
【図25】







【図31】



【図34】

